

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БІОПРЕПАРАТУ «МЕГАНІТ НІРБАТОР» ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ З ПОБІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

М.І. Воробель

*кандидат сільськогосподарських наук
науковий співробітник лабораторії екології
Інститут сільського господарства Карпатського регіону
Національної академії аграрних наук України
(Україна, с. Оброшине; e-mail: vorobelmaria@gmail.com)*

В.В. Мороз

*кандидат сільськогосподарських наук
завідувачка лабораторії екології
Інститут сільського господарства Карпатського регіону
Національної академії аграрних наук України
(Україна, с. Оброшине; e-mail: vera_moroz@ukr.net)*

В.О. Пінчук

*кандидат сільськогосподарських наук
старший науковий співробітник
лабораторії моніторингу агробіоресурсів
Інститут агроекології і природокористування
Національної академії аграрних наук України
(Україна, м. Київ; e-mail: pinchuk_vo@ukr.net)*

Метою досліджень був аналіз проблем і перспектив виробництва й використання біогазу в Україні з побічної продукції тваринного походження як інноваційного напрямку енергозбереження в аграрному виробництві та обґрунтування економічної доцільності й енергетичної ефективності біопрепарату «Меганіт Нірбатор» як засобу інтенсифікації виходу біогазу. Представлено дані виходу біогазу із гною великої рогатої худоби (ВРХ) за застосування біогазових установок з реакторами різного об'єму. Розглянуто та узагальнено особливості процесу утворення біогазу та вплив різних факторів на його інтенсивність. Проаналізовано переваги отримання біогазу з побічної продукції тваринного походження як альтернативи викопним джерелам енергоносіїв, оскільки через локальне виснаження природних ресурсів та динамічною тенденцією зростання цін на енергоресурси, є перспектива виникнення енергетичної кризи, негативний вплив традиційної енергетики на навколишнє середовище і загроза регіональних екологічних катастроф викликає необхідність у пошуку й широкому застосуванні альтернативних паливно-енергетичних ресурсів. Науково обґрунтовано економічну доцільність застосування біопрепарату «Меганіт Нірбатор» як засобу інтенсифікації виходу біогазу. Експериментально доведено, що використання цього препарату як стимулятора зумовлює збільшення виходу біогазу з гною корів на 9% через підвищення активності процесу метанового зброджування, що додатково підвищує економічну ефективність альтернативної енергетики на підприємстві порівняно з використанням традиційних енергоносіїв. Представлені результати мають науково-практичне значення у секторі енергетики і сільського господарства, зокрема для розв'язання екологічних проблем з утилізацією побічної продукції у галузі тваринництва, раціонального використання природних ресурсів та енергетичного забезпечення процесу виробництва на підприємстві.

Ключові слова: біогаз, побічні продукти тваринницького походження, альтернативні джерела енергії, біогазові установки, мікробний препарат, процес метаногенезу, тваринництво, забруднення.

.....

Постановка проблеми. Розв'язання глобальних проблем енергетичної безпеки сьогодення визначає не тільки темпи соціально-економічного розвитку, а й майбутнє людства, а отже є надзвичайно актуальним практично для

всіх країн світу і особливо гостро відчувається в Україні, яка лише на 35–45% здатна задовольнити свої потреби власними паливно-енергетичними ресурсами [1–4]. На сьогодні особливої уваги заслуговують дві взаємозалежні про-

блеми, зокрема, економія паливно-енергетичних ресурсів і зменшення забруднення навколишнього середовища [1]. Важливим напрямом енергетичної незалежності сільськогосподарських підприємств є широке використання поновлюваних джерел енергії через необхідність заміщення природного газу й нафти альтернативними, такими що мають значний потенціал, енергоресурсами [1; 4; 5; 6; 7]. Згідно із прогнозами, запаси традиційних енергетичних ресурсів зменшуються, а при теперішніх темпах використання, їх вистачить не більше, ніж на 50 років [7]. Крім цього, застосування природного газу і нафти обумовлює забруднення навколишнього середовища, що призводить до загального потепління, посух, повеней, кислотних дощів, танення полярної криги й підвищення рівня світового океану тощо [1; 5; 7; 8; 9]. Ефективне використання енергоресурсів — ключ до успішного розв'язання екологічної проблеми [1; 5]. В умовах гострого дефіциту енергоносіїв, сталих потреб у паливних ресурсах одним із способів подолання енергетичних проблем та пріоритетним напрямом вирішення питання охорони навколишнього середовища є біоенергетика, а саме виробництво додаткового енергетичного ресурсу — біогазу через анаеробне зброджування відходів у біогазових установках, основною складовою якого є метан, що слугує одним із основних факторів виникнення глобального потепління [1; 7; 10; 11]. Оскільки відомо, що метан впливає на парниковий ефект в 21 раз сильніше, ніж CO_2 , і може залишатися в атмосфері до 12 років [3; 12], застосування біогазових технологій дає можливість найраціональніше і ефективніше перетворювати енергію хімічних зв'язків органічних відходів у енергію газоподібного палива та органічних добрив і навіть кормові добавки [2].

Як вихідна сировина для енергозбереження можуть бути використані практично всі види органічних відходів [10; 11]. Передусім, це відходи сільського господарства, яке визнано одним із основних джерел парникових газів, оскільки на нього припадає 10–12% від загального числа глобальних антропогенних викидів парникових газів, що за об'ємом їх викидів, хоч і поступається енергетиці й промисловості, але є потужним їх джерелом забруднення, як в Україні, так і на глобальному рівні [13]. Накопичення тваринницьких відходів створює низку проблем, які зменшують ефективність ведення сільського господарства, оскільки разом із стічними водами вони стають вагомими джерелами забруднення навколишнього середовища [12]. Відомо, що у гної тварин життєдіяльність хвороботворних бактерій і яєць гельмінтів не припиняється, насіння трав, що міститься в

ньому, зберігає свої властивості [1]. Сільськогосподарські відходи мають високий енергетичний потенціал (до 58% енергії, зосередженої у рослинних кормах, переходить у гній) і використання їх як сировини для біогазових установок дають можливість не тільки істотно скоротити викиди в атмосферу, а й отримати обсяги біогазу, достатні для задоволення власних потреб агропромислових підприємств в енергії [5; 11; 14; 15]. Вихідною сировиною для одержання біогазу можуть бути також відходи промисловості (цукрових, спиртових, молочних, пивоварних заводів) і станції очищення комунальних стічних вод [6; 10; 11].

Біомаса вважається одним із ключових поновлюваних енергетичних ресурсів майбутнього, оскільки дає сьому частину світового обсягу палива, а за кількістю отриманої енергії посідає поряд із природним газом третє місце. З біомаси одержують у 4 рази більше енергії, ніж дає ядерна енергетика [1]. Використання біогазових технологій дає можливість отримувати з біомаси шляхом її конверсії ефективні енергоносії, зокрема біогаз, біодизельне моторне паливо, піролізний та генераторний газ, спиртові моторні палива тощо [1]. Серед енергоносіїв, отриманих із біомаси, за комплексною оцінкою, особливо за врахування нинішньої кон'юнктури цін на паливно-енергетичні ресурси, найперспективнішим для України є біогаз, оскільки порівняно з іншими поновлюваними джерелами енергії, він знаходить різноманітне застосування у трьох важливих напрямках — виробництво електроенергії, тепла, палива [3; 5; 7]. Біогаз, отриманий з органічного матеріалу, буде відрізнятися дещо меншою теплотворністю, проте становить значну конкуренцію енергоносіям завдяки низькій вартості або взагалі безкоштовній вихідній сировині [1].

Біогаз одержують способом мікробного розкладання органічної маси у спеціальних біогазових та біоенергетичних установках, що працюють за принципом анаеробного зброджування (без доступу кисню) [7; 11]. Процес утворення біогазу називають метановим бродінням [8; 10; 14]. Весь цей складний комплекс перетворень здійснює велика кількість мікроорганізмів (за деякими оцінками — до кількох сотень видів), серед яких переважають бактерії [5]. Впровадження біогазових технологій дасть змогу отримувати суміш газів: 50...60% метану (CH_4), 35...50% вуглекислого газу (CO_2), до 1% інших газів із високою калорійністю — 20...23 МДж/м³ [2; 4]. Біогазові установки є характерним елементом сучасного безвідходного виробництва у галузі сільського господарства, оскільки дозволяють частково або повністю використовувати органічні відходи господар-

ства, тим самим зменшуючи шкідливі викиди парникових газів у навколишнє середовище, крім цього одержаний біогаз дає змогу замінити використання природного газу, а внаслідок протікання реакцій є можливість отримувати високоякісне біологічне добриво, що містить біологічно активні речовини і мікроелементи [2; 3; 10]. Ефективність виробництва біогазу в біогазових установках залежить від багатьох факторів: кількість великої рогатої худоби (ВРХ), вартість реактора, об'єм реактора, вихід біогазу [11]. Термін служби реактора більше, ніж 25–30 років [10]. Економічні параметри біогазоенергетики визначаються інвестиційними витратами на експлуатацію, технічним обслуговуванням біогазової установки, вартістю сировини та прибутком, що отримують від продажу біогазу [8]. Середня вартість біогазової установки в Україні становить 9073,61 грн/м³, а її окупність близько 5 років [7; 10].

Враховуючи наведене, актуальним і перспективним залишається перехід до екологічно-зрівноваженого розвитку в Україні через прискорення розвитку біоенергетики внаслідок розроблення чітких цілей та механізмів стимулювання використання біогазових технологій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Біотехнологія утилізації відходів з одержанням біогазу значно поширена як у промислово розвинених країнах, так і в країнах, що розвиваються. Перші відомості про біогаз датуються другим тисячоліттям до нашої ери. У Росії вперше застосували його у 1908 році, а в Україні — 1958. На сьогодні більш ніж у 65 країнах-розробниках біогазових технологій діють 1215 установок з виробництва біогазу, в тому числі в країнах Європи — 546 потужних [11]. Виробництво біогазу нині набуло найбільшого поширення в Індії та Китаї. Характерною особливістю виробництва в цих країнах є його розміщення в теплих регіонах, що як правило не потребує штучного підігрівання вихідної сировини. За рахунок біогазу Китай практично повністю задовольняє свої потреби у блакитному паливі [5]. Незважаючи на низький розвиток біоенергетики та недоліки енергетичної стратегії, Україна має добрі передумови для розширення виробництва і використання енергії, отриманої з поновлюваних джерел, оскільки має великий потенціал нетрадиційних джерел енергії, зокрема біомаси [3; 5]. За експертними оцінками, щорічний теоретичний потенціал біомаси становить близько 45 млн т ум. п., технічно досяжний — 32 млн т, а економічно доцільний — 24 млн т ум. п. [6].

З 2011 року Україна стала членом Європейського Енергетичного Співтовариства, метою діяльності якого є лібералізація енерге-

тичних ринків та запровадження законодавчих норм Європейського Союзу у галузях електроенергетики, газу, охорони навколишнього середовища й поновлюваних джерел енергії і має виконати вимоги щодо недискримінаційного доступу біогазу до газової системи з урахуванням відповідних норм та стандартів до якості газу [1; 16].

Над проблемами та перспективами виробництва і споживання біогазу як альтернативного джерела енергії працює низка зарубіжних та вітчизняних вчених, серед яких D. Deublein, A. Steinhäuser, N. Board, D. House, Г.М. Калетник, В.О. Дубровін, М. О. Корчемний, Г.Г. Гелетуша, Ю.В. Кернасюк, М.О. Корчемний, М. Кобець та ін. [7]. Однак, зважаючи на енергетичну залежність нашої держави та переваги біогазу над природним газом, ця проблематика є настільки актуальною, що потребує всебічних системних досліджень.

Виокремлення невирішених раніше частин загальної проблеми. До останнього часу в науковій літературі питання визначення собівартості виробництва біогазу залишалося теоретично та методологічно не розкритим, оскільки сама технологія його отримання упродовж тривалого періоду не набула великого промислового значення і широко не використовувалася в Україні. Оскільки, більшість авторів роблять акцент або на технічних аспектах процесу отримання біогазу, або на зарубіжному досвіді, необхідним є обґрунтування економічних аспектів біогазового виробництва в Україні.

Враховуючи зростаючу потребу в альтернативних джерелах енергії, загальну потребу в енергоносіях, потенціал України в сировинній базі для виробництва біогазу, потрібно розвивати наукові дослідження процесів метанового зброджування та отримання біогазу з відходів різного походження, що придатні до бродіння [3; 5]. Оскільки, як відомо, особливо гостро розглядається проблема утилізації значної кількості відходів сільського господарства, а зокрема, тваринництва, що спричиняють значну шкоду довкіллю [1; 2]. Водночас впровадження безвідходних технологій на базі біотехнології в тваринництві має ряд позитивних моментів: усувається проблема знешкодження відходів тваринництва та харчової промисловості, підвищується частка поновлюваної енергетики в загальній енергетичній картині країни, слугує ресурсом підвищення та відновлення родючості ґрунтів, що сприятиме розвитку органічного землеробства [1; 5].

Метою роботи є аналіз проблем і перспектив виробництва і використання біогазу в Україні з побічної продукції тваринного походження як інноваційного напрямку енергозбереження

в аграрному виробництві та обґрунтування економічної доцільності й енергетичної ефективності біопрепарату «Меганіт Нірбатор» як засобу інтенсифікації виходу біогазу.

Матеріали та методи. В анаеробні біоферментатори загрузали гній великої рогатої худоби, розбавлений водою у співвідношенні 1:1. В стадії метаногенезу на 34 добу було додано мікробний препарат «Меганіт Нірбатор» — 4% від об'єму органомісної частки за підтримання оптимальних умов бродіння ($t = 33^\circ\text{C}$ та рН в межах 6,5–9,0). Кожен з варіантів досліджень (I варіант — контроль, II варіант з мікробним препаратом «Меганіт Нірбатор») мав трикратну повторюваність.

Мікробний препарат «Меганіт Нірбатор» складається з таких бактеріальних штамів: *Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum Lipoferrum*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megatherium*.

Отримані результати досліджень порівнювали з контролем (без додавання препарату).

На основі отриманих результатів досліджень проведено аналіз і встановлено економічну доцільність використання мікробного препарату для біогазових установок з метою збільшення виходу біогазу.

Викладення основного матеріалу дослідження. Собівартість виробленого біогазу в Україні становить 11 тис. грн за 50 тис. м^3 , або 7€ за 1000 м^3 (табл. 1). У Євросоюзі, ринкова собівартість біогазу становить 15–20€ за 1000 м^3 .

Отже, вартість біогазу в країнах Євросоюзу майже втричі вища.

Мезофільна анаеробна біоферментація гною відбувається в анаеробних умовах при температурі 33°C [4]. Процес переробки великої кількості відходів рослинного та тваринного походження за використання біогазових установок здійснюється упродовж 30–45 діб [1; 11].

Сучасні біогазові установки є активною системою знезараження біомаси, використовують незначну кількість енергії та дають змогу знизити основну масу забруднювальних органічних речовин, тому після ферментації відходи не мають неприємного специфічного запаху [10]. До того ж, відходи анаеробного бродіння можна використовувати як якісне знезаражене біодобриво і для одержання білково-вітамінного концентрату як добавки в корми [10; 11]. Економія капітальних витрат при використанні біогазових установок у підприємствах становить 30–40% [10].

Нами проаналізовано вихід біогазу за добу з 1 м^3 ємності реактора становить 2 м^3 [10]. Кількість товарного біогазу — 65–75% від повного його виходу, оскільки решта витрачається на підігрів біомаси [5; 10]. Тому в розрахунках приймається кількість товарного біогазу, що становить 70% від повного виходу (табл. 2).

Подальший аналіз вказав на те, що енергетична цінність 1 м^3 біогазу (табл. 3) рівноцінна споживанню:

Таблиця 1

Економічна ефективність виробництва біогазу з гною великої рогатої худоби (ВРХ) [17]

Вид сировини	Об'єм переробки, т	Вихід біогазу, з 1 т, м^3	Валовий вихід біогазу, тис. м^3	Собівартість одержаного біогазу	Валовий прибуток	Чистий прибуток
Гній великої рогатої худоби (ВРХ)	1000	50	50	11	130	119

Таблиця 2

Вартість біогазових установок залежно від технологічних показників

Показник	Технологічні показники									
Об'єм реактора, м^3	5	10	25	50	100	200	400	600	800	1000
Кількість тварин великої рогатої худоби (ВРХ), голів	10	25	60	125	250	550	1100	1650	2200	2750
Вихід біогазу з 1 т/ м^3	10,0	20,0	50,0	100,0	200,0	400,0	800,0	1200,0	1600,0	2000,0
Вартість реактора, тис. грн	45,4	90,7	226,8	453,7	907,4	1814,7	3629,4	5444,2	7258,9	9073,6

Таблиця 3

Технологічно-економічна ефективність біогазових установок з реакторами різного об'єму в еквіваленті традиційних енергоносіїв, без додавання біопрепарату

Показник	Об'єм реактора, м ³									
	5	10	25	50	100	200	400	600	800	1000
Об'єм одержуваного товарного біогазу, м ³ /добу	7,0	14,0	35,0	70,0	140,0	280,0	560,0	840,0	1120,0	1400,0
Об'єм одержуваного товарного біогазу, тис. м ³ /рік	2,6	5,1	12,8	25,6	51,1	102,2	204,4	306,6	408,8	511,0
Кількість заміненого дизельного палива, тис. л	1,8	3,6	8,9	17,9	35,8	71,5	143,1	214,6	286,2	357,7
Вартість заміненого дизельного палива, тис. грн	48,3	96,6	241,4	482,9	965,8	1931,6	3863,2	5794,7	7726,3	9657,9
Кількість природного газу, тис. м ³	1,5	3,1	7,7	15,3	30,7	61,3	122,6	183,9	245,3	306,6
Вартість природного газу, тис. грн	10,7	21,3	53,3	106,7	213,3	426,7	853,3	1279,9	1706,6	2133,3
Кількість електроенергії, тис. кВт	5,1	10,2	25,6	51,1	102,2	204,4	408,8	613,2	817,6	1022,0
Вартість електроенергії, тис. грн	7,7	15,3	38,3	76,7	153,3	306,6	613,2	919,8	1226,4	1533,0

- 0,7 л мазуту чи дизельного палива (вартість 27 грн за 1 л);
- 0,6 м³ природного газу (вартість 6,9579 грн за 1 м³ для населення);
- 2 кВт електроенергії (вартість 0,9–1,68 грн).

Від голови великої рогатої худоби (ВРХ) утворюється 40 кг/добу гною вологістю 90% [10].

Збільшення виходу біогазу з установки є важливим завданням, як в економічному, так і в енергетичному аспекті [1; 7; 11]. Відповідно до проведених досліджень в Інституті сільського господарства Карпатського регіону НААН з вивчення впливу біопрепарату «Меганіт Нірбатор» встановлено збільшення виходу біогазу на 9% за мезофільних умов бродіння, що свідчить про доцільність використання препарату (табл. 4).

Таблиця 4

Технологічно-економічна ефективність біогазових установок з реакторами різного об'єму в еквіваленті традиційних енергоносіїв, за додавання біопрепарату «Меганіт Нірбатор»

Показник	Об'єм реактора, м ³									
	5	10	25	50	100	200	400	600	800	1000
Об'єм одержуваного товарного біогазу, м ³ /добу	7,6	15,3	38,2	76,3	152,6	305,2	610,4	915,6	1220,8	1526,0
Об'єм одержуваного товарного біогазу, тис. м ³ /рік	2,78	5,57	13,9	27,9	55,7	111,4	222,8	334,2	445,6	556,9
У перерахунку на кількість заміненого дизельного палива, тис. л	1,95	3,9	9,8	19,5	38,9	77,9	155,9	233,9	311,9	389,9
Отримана вартість заміненого дизельного палива, тис. грн	52,6	105,3	263,2	526,4	1052,7	2105,4	4210,8	6316,3	8421,7	10527,1

Закінчення таблиці 4

Показник	Об'єм реактора, м ³									
	5	10	25	50	100	200	400	600	800	1000
У перерахунку на кількість природного газу, тис. м ³	1,7	3,3	8,4	16,7	33,4	66,8	133,7	200,5	267,4	334,2
Отримана вартість природного газу, тис. грн	11,6	23,3	58,1	116,3	232,5	465,1	930,1	1395,2	1860,2	2325,3
У перерахунку на кількість електроенергії, тис. кВт	5,6	11,1	27,9	55,7	111,4	222,8	445,6	668,4	891,2	1113,9
Отримана вартість електроенергії, тис. грн	9,4	18,7	46,8	93,6	187,2	374,3	748,6	1122,9	1497,2	1871,5

Препарат «Меганіт Нірбатор» складається з композиції 4 бактеріальних штамів: *Azotobacter chroococcum* (азотфіксуючі аеробні бактерії, оптимум рН — 7,0–7,5 од.); *Azospirillum Lipoferum* (ризосферна азотфіксуюча бактерія з оптимумом рН — 7,0–7,5, t 20–30°C); *Bacillus subtilis* або «сінна паличка» (спороутворювальна бактерія, яка має амілолітичну властивість, тобто здатна гідролізувати полісахариди до простих вуглеводів, ефективна від фузаріозу, аспергільозу, ризоктонії, фітопатогенного псевдомонасу); *Bacillus megatherium* (паличкоподібна бактерія, оптимум рН — 6,5–7,5, t 28–35°C, має амілолітичну активність, іммобілізує фосфор зі складних сполук у формі Р₂О₅, має антифунгіцидні властивості).

Використання біопрепарату «Меганіт Нірбатор» є доцільним, адже в біореакторі об'ємом 1 тис. м³ обсяг товарного біогазу за добу

збільшується на 126 м³, а за рік на 45,9 тис. м³ (рис. 1, 2).

На час проведення досліджень вартість біопрепарату «Меганіт Нірбатор» становила 96 грн/л. Встановлено, що необхідна кількість препарату за мезофільних умов бродіння становить — 1,2 л/м³.

Прибуток підприємства від використання біопрепарату може підвищитися на 76,8 тис. грн/рік (у перерахунку на природний газ) за об'єму біореактора 1 тис. м³ (рис. 3).

Фінансову доцільність застосування препарату «Меганіт Нірбатор» показано у табл. 5.

Застосування біопрепарату «Меганіт Нірбатор» в кількості 1,2 л/м³ за мезофільних умов бродіння збільшує вихід біогазу на 9%, що безпосередньо впливає на продуктивність біогазової установки і сприяє скороченню термінів її окупності. Швидкість окупності реактора прямо пропорційно залежить від його розмірів.

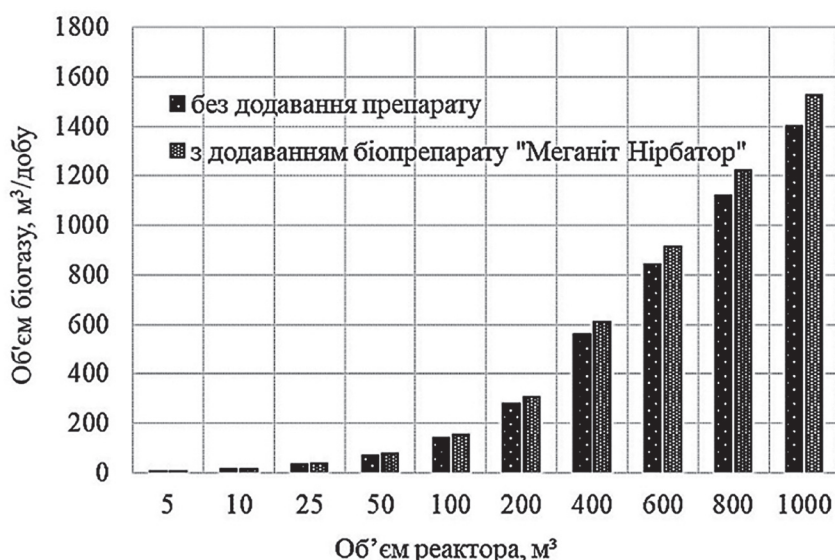


Рис. 1. Добовий об'єм отриманого товарного біогазу в біореакторах різного об'єму з додаванням біопрепарату, м³/добу

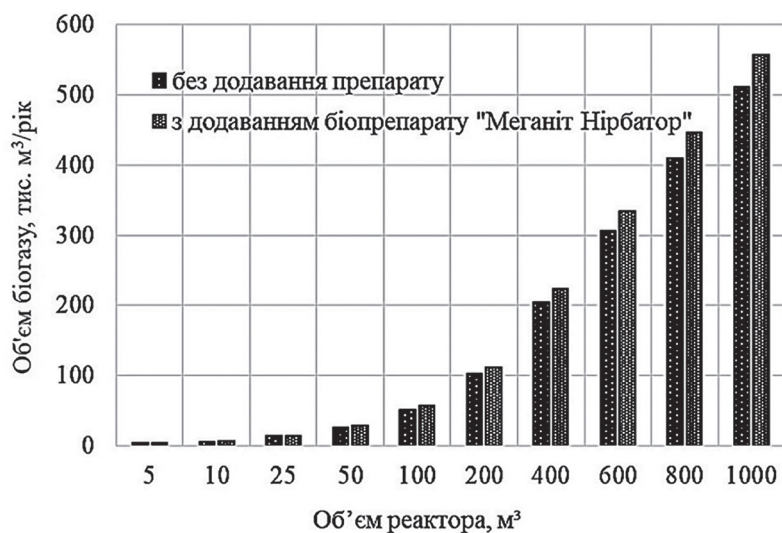


Рис. 2. Річний об'єм отриманого товарного біогазу в біореакторах різного об'єму з додаванням біопрепарату, тис. м³/рік

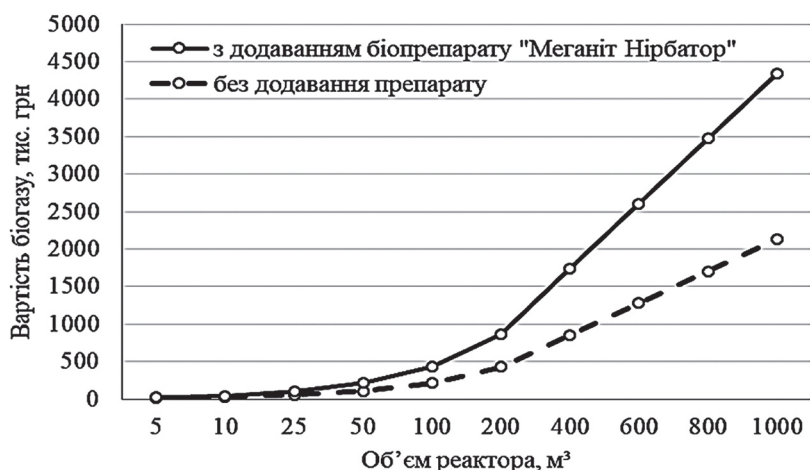


Рис. 3. Вартість біогазу з додаванням біопрепарату в реакторах різного об'єму у перерахунку на природний газ

Таблиця 5

Фінансова доцільність використання біопрепарату «Меганіт Нірбатор» для отримання біогазу з гною великої рогатої худоби (ВРХ) в реакторах різного об'єму у еквіваленті різних енергоносіїв

Показник	Об'єм реактора, м³									
	5	10	25	50	100	200	400	600	800	1000
Витрати на біопрепарат «Меганіт Нірбатор» (за 1 м³ 115,2 грн), тис. грн	0,58	1,15	2,88	5,76	11,5	23,0	46,1	69,1	92,2	115,2
Перерахунок на дизельне паливо										
Вартість біогазу за додавання біопрепарату, тис. грн	52,1	104,1	260,3	520,6	1041,2	2082,4	4164,8	6247,1	8329,5	10411,9
Вартість біогазу без біопрепарату, тис. грн	48,3	96,6	241,4	482,9	965,8	1931,6	3863,2	5794,7	7726,3	9657,9

Закінчення таблиці 5

Показник	Об'єм реактора, м ³									
	5	10	25	50	100	200	400	600	800	1000
Економічна ефективність за додавання біопрепарату, тис. грн	3,77	7,54	18,9	37,7	75,4	150,8	301,6	452,4	603,2	754,0
<i>Перерахунок на природний газ</i>										
Вартість біогазу за додавання біопрепарату, тис. грн	11,1	22,1	55,3	110,5	221,0	442,0	884,0	1326,1	1768,1	2210,1
Вартість біогазу без біопрепарату, тис. грн	10,7	21,3	53,3	106,7	213,3	426,7	853,3	1279,9	1706,6	2133,3
Економічна ефективність за додавання біопрепарату, тис. грн	0,38	0,77	1,92	3,83	7,68	15,4	30,7	46,1	61,4	76,8
<i>Перерахунок на електроенергію</i>										
Вартість біогазу за додавання біопрепарату, тис. грн	8,8	17,6	43,9	87,8	175,6	351,3	702,5	1053,8	1405,0	1756,2
Вартість біогазу без біопрепарату, тис. грн	8,6	17,2	42,9	85,8	171,7	343,4	686,8	1030,2	1373,6	1716,9
Економічна ефективність за додавання біопрепарату, тис. грн	0,19	0,39	0,98	1,9	3,9	7,9	15,7	23,6	31,5	39,3

Отже, за результатами досліджень доведено доцільність використання препарату та його здатність збільшувати вихід товарного біогазу від 2,8 до 556,9 тис. м³/рік залежно від об'єму реактора. У грошовому еквіваленті прибуток від використання біопрепарату «Меганіт Нірбатор» в біогазовій установці за мезофільного режиму бродіння становить від 3,8 до 754,0 тис. грн/рік у перерахунку на дизельне паливо, 0,38–76,8 тис. грн — на природний газ

та 0,19–39,3 тис. грн у перерахунку на електроенергію.

Висновки. На основі проведених досліджень встановлено, що біопрепарат «Меганіт Нірбатор» збільшує вихід біогазу з побічної продукції тваринного походження на 9%, що додатково підвищує економічну ефективність альтернативної енергетики на підприємстві порівняно з використанням традиційних енергоносіїв.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Козій І.С., Мелейчук С.С., Волохін В.В. Виробництво біогазу з відходів тваринництва як елемент енергоресурсозбереження. Scientific Journal «Science Rise». 2014. № 1. С. 18–21.
2. Куценко Ю. М. Технологічні аспекти та технічні засоби виробництва біогазу. Праці ТДАТУ. 2014. Вип. 14, Т. 3. С. 165–173.
3. Мітков Б.В., Чорна Т.С., Мітков В.Б. Обґрунтування ефективності отримання біогазу з відходів тваринництва. Наук. вісн. ТДАТУ. 2012. Вип. 2, Т. 5. С. 215–219.
4. Куценко Ю.М. Обґрунтування параметрів біогазових установок у тваринництві та їх автоматизація. Наук. вісн. ТДАТУ. 2014. Вип. 4, Т. 1. С. 137–144.
5. Панчук М.В., Шлапак Л.С. Аналіз перспектив розвитку виробництва та використання біогазу в Україні. Розвідка та розробка нафтових та газових родовищ. 2016. № 3 (60). С. 26–33.
6. Соколовська І.Я., Мельник М.Б., Підховна С.М. Біогаз як перспективний напрям використання відходів сільськогосподарського виробництва. Наук. вісн. НУБП України. 2013. Вип. 181 (1). С. 113–117.
7. Токарчук Д.М., Яремчук О.В. Виробництво і використання біогазу в Україні: економічні і соціальні перспективи. Збірник наукових праць ТДАТУ. 2013. № 2. С. 338–346.
8. Демчук М.В., Решетник А.О., Лайтер-Москалюк С.В. Проблеми утилізації гною в сучасному тваринництві. Наук. вісн. ЛНУВМ та БТ ім. С.З. Гжицького. 2010. Т. 12, № 3 (4). С. 188–195.
9. Smith P. et al. Greenhouse gas mitigation in agriculture. Phil. Trans. R. Soc. B. 2008. Vol. 363. P. 789–813.

10. Уминський С.М. Технології одержання біогазу і органічних добрив в агровиробництві. Аграрний вісник Причорномор'я. 2013. Вип. 67. С. 167–176.
11. Солук Г.С., Буцяк В.І., Буцяк А.А. Біотехнологія виробництва біогазу з відходів сільськогосподарського виробництва. Наук. вісн. ЛНУВМ та БТ імені С.З. Гжицького. 2015. Т. 17, № 3 (63). С. 312–319.
12. Воробель М.І., Мороз В.В., Каплінський В.В. Ефективність дії природних мінералів на емісію парникових газів у гноевому субстраті. Вісник аграрної науки. 2018. № 8. С. 35–47.
13. Мороз В.В., Каплінський В.В., Воробель М.І., Гармадій О.С. Ферментативна активність гною за використання біологічно активних препаратів. Вісник аграрної науки. 2018. № 6. С. 48–52.
14. Шацький В.В., Скляр О.Г., Скляр Р.В., Солодка О.О. Вплив структури субстрату на вихід біогазу при метановому зброджуванні. Праці ТДАТУ. 2013. Вип. 13, Т. 3. С. 3–12.
15. Cuellar A.D., Webber M.E. Cow power: the energy and emissions bene'ts of converting manure to biogas. Environ. Res. Lett. 3. 2008. 8 p.
16. Шульц Р. Виробництво і використання біогазу в Україні. Київ: Бізнес-центр «Євразія», 2012. 40 с.
17. Козир В.С., Сокрут О.В., Чернявський С.Є., Тимченко Л.О. Особливості використання різної сировини при виробництві біогазу. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони. 2013. № 4. С. 143–146.

Інформація про авторів

Воробель Марія Ігорівна — кандидат сільськогосподарських наук, науковий співробітник лабораторії екології, Інститут сільського господарства Карпатського регіону Національної академії аграрних наук України (Україна, 81115, с. Оброшине, вул. Грушевського, 5, Пустомитівського р-ну Львівської обл.; e-mail: vorobelmariia@gmail.com).

Мороз Віра Василівна — кандидат сільськогосподарських наук, завідувач лабораторії екології, Інститут сільського господарства Карпатського регіону Національної академії аграрних наук України (Україна, 81115, с. Оброшине, вул. Грушевського, 5, Пустомитівського р-ну Львівської обл.; e-mail: veramoroz0@gmail.com).

Пінчук Валерій Олександрович — кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник лабораторії моніторингу агробіоресурсів, Інститут агроекології і природокористування Національної академії аграрних наук України (Україна, 03143, м. Київ, вул. Метрологічна, 12; e-mail: pinchuk_vo@ukr.net).

M.I. Vorobel
Candidate of Agricultural Sciences
Institute of Agriculture of Carpathian Region
of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
(Ukraine, Lviv reg.; e-mail: vorobelmariia@gmail.com)

V.V. Moroz
Candidate of Agricultural Sciences
Institute of Agriculture of Carpathian Region
of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
(Ukraine, Lviv reg.; e-mail: veramoroz0@gmail.com)

V.O. Pinchuk
Candidate of Agricultural Sciences
Institute of Agroecology and Nature Management
of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
(Ukraine, Kyiv; e-mail: pinchuk_vo@ukr.net)

ECONOMICAL EFFICIENCY OF THE USING BIOLOGICAL PREPARATION «MEGANIT NIRBATOR» ON THE OUTPUT OF BIOGAS FROM BY-PRODUCTS OF ANIMAL ORIGIN

The aim of the research was to analyze the problems and prospects for the production and use of biogas in Ukraine from animal by-products as an innovative direction of energy conservation in agrarian production and to substantiate the economic feasibility and energy efficiency of the biogas «Meganit Nirbator» as a means of intensifying the biogas output. The data of biogas output from cattle manure at application of biogas plants with reactors of different volume are presented. The features of the biogas generation process and the influence of various factors on its intensity are considered and summarized. The advantages of obtaining biogas from by-products of animal origin as alternatives to the fossil sources of

energy are analyzed, because in connection with local depletion of natural resources and dynamic tendency rising energy prices, of possibility in the perspective emergence of the energy crisis, the negative influence of traditional power engineering on the environment and threat of regional ecological disasters there is necessity for search and wide using of alternative fuel and energy resources. The economic feasibility of using the «Meganit Nirbator» biopreparation as a means of intensifying the biogas output is scientifically substantiated. It has been experimentally proved that the use of this drug as a stimulant causes an increase in the yield of biogas from manure of cows by 9% by increasing the activity of the methane fermentation process, which further increases the economic efficiency of alternative energy in the enterprise compared with the use of traditional energy sources. The presented results have scientific and practical importance in the energy sector and agriculture, in particular for solving environmental problems with the utilization of by-products of the livestock sector, the rational use of natural resources and the energy provision of the production process at the enterprise.

Key words: biogas, by-products of animal origin, alternative of energy sources, biogas plants, microbial preparation, methanogenesis process, livestock, contamination.

REFERENCES

1. Kozii, I.S., Meleichuk, S.S., Volokhin, V.V. (2014). Vyrobnystvo biogazu z vidkhodiv tvarynnystva yak element energoresursozberezhennia [Biogas production from livestock waste as an element of energy saving]. *Scientific Journal «Science Rise»*. 1: 18–21. (In Ukr.).
2. Kutsenko, Yu.M. (2014). Tekhnologichni aspekty ta tekhnichni zasoby vyrobnystva biogazu [Technological aspects and technical means of the biogas production]. *Pratsi TDATU [Works of TSATU]*. 14, 3: 165–173. (In Ukr.).
3. Mitkov, B.V., Chorna, T.S., Mitkov, V.B. (2012). Obgruntuvannia efektyvnosti otrymannia biogazu z vidkhodiv tvarynnystva [Justification of the efficiency of obtaining biogas from livestock wastes]. *Naukovyi visnyk TDATU [Scientific bulletin of TSATU]*. 2, 5: 215–219. (In Ukr.).
4. Kutsenko, Yu.M. (2014). Obgruntuvannia parametriv biogazovykh ustanovok u tvarynnystvi ta yikh avtomatyzatsiia [Justification settings biogas plants in animal and automation]. *Naukovyi visnyk TDATU [Scientific bulletin of TSATU]*. 4, 1: 137–144. (In Ukr.).
5. Panchuk, M.V., Shlapak, L.C. (2016). Analiz perspektyv rozvytku vyrobnystva ta vykorystannia biogazu v Ukraini [Analysis of prospects for development of biogas production and use in Ukraine]. *Rozvidka ta rozrobka naftovykh ta gazovykh rodovyshech [Prospecting and development of oil and gas fields]*. 3 (60): 26–33. (In Ukr.).
6. Sokolovska, I.Ya., Melnyk, M.B., Pidkhovna, S.M. (2013). Biogaz yak perspektyvnyi napriam vykorystannia vidkhodiv silskogospodarskogo vyrobnystva [Biogas as perspective direction for the use wastes of agricultural production]. *Naukovyi visnyk of NUBP Ukrainy [Scientific Journal of NULES of Ukraine]*. 181(1): 113–117. (In Ukr.).
7. Tokarchuk, D.M., Yaremchuk, O.V. (2013). Vyrobnystvo i vykorystannia biogazu v Ukraini: ekonomichni i sotsialni perspektyvy [Biogas production and use in Ukraine : economic and social perspectives]. *Zbirnyk naukovykh prats TDATU [Collection of scientific works of TSATU]*. 2: 338–346. (In Ukr.).
8. Demchuk, M.V., Reshetnyk, A.O., Laiter-Moskaliuk, S.V. (2010). Problemy utylizatsii hnoiu v suchasnomu tvarynnystvi [Problems of manure utilization in modern animal husbandry]. *Naukovyi visnyk LNUVM ta BT imeni S.Z. Gzhytskoho [Scientific bulletin of LNUVM and BT of the name S.Z. Gzhytskoho]*. 12, 3 (4): 188–195. (In Ukr.).
9. Smith, P. et al. (2008). Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Phil. Trans. R. Soc. B*. 363: 789–813.
10. Umyskyi, S.M. (2013). Tekhnologii oderzhannia biogazu i orhanichnykh dobryv v agrovyrobnystvi [Technologies reception biogas and organic fertilizers manufacture]. *Agrarnyi visnyk Prychornomoria [Agrarian bulletin of Black Sea region]*. 67: 167–176. (In Ukr.).
11. Solyk, G.S., Butsiak, V.I., Butsiak, A.A. (2015). Biotehnologii vyrobnystva biogazu z vidkhodiv silskogospodarskogo vyrobnystva [Biogas production from biotechnology agricultural activities]. *Naukovyi visnyk LNUVM ta BT imeni S.Z. Gzhytskoho [Scientific bulletin of LNUVM and BT of the name S.Z. Gzhytskoho]*. 17, 3 (63): 312–319. (In Ukr.).
12. Vorobel, M.I., Moroz, V.V., Kaplinskij, V.V. (2018). Efektyvnist dii pryrodnykh mineraliv na emisiu parnykovykh gaziv u hnoievomu substrati [Efficiency of action of natural minerals at emission of greenhouse gases in substratum of dung]. *Visnyk agrarnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]*. 10: 35–47. (In Ukr.).
13. Moroz, V.V., Kaplinskij, V.V., Vorobel, M.I., Harmadii, O.S. (2018). Fermentatyvna aktyvnist hnoiu za vykorystannia biologichno aktyvnykh preparativ [Fermentation activity of dung at use of biologically active specimens]. *Visnyk agrarnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]*. 6: 48–52. (In Ukr.).
14. Shatskyi, V.V., Skliar, A.H., Skliar, R.V., Solodka, O.O. (2013). Vplyv struktury substratu na vykhid biogazu pry metanovomu zbrodzhuvanni [Influence of substrate structure on biogas output during methane fermentation]. *Pratsi TDATU [Scientific works of TSATU]*. 13, 3: 3–12. (In Ukr.).

15. Cuellar, A.D., Webber, M.E. (2008) Cow power: the energy and emissions bene'ts of converting manure to biogas. *Environ. Res. Lett.* 3. 8 p. (In Ukr.).
16. Shults, R. (2012). Vyrobnystvo i vykorystannia biohazu v Ukraini [Biogas production and use in Ukraine]. Kyiv: Biznes-tsentr «Ievraziia». 40. (In Ukr.).
17. Kozyr, V.S, Sokrut, O.V., Cherniavskiy, S.Ye., Timchenko, L.O. (2013). Osoblyvosti vykorystannia riznoi syrovyny pry vyrobnytstvi biogazu. [Features of the use of different raw materials in the production of biogas]. *Biuleten Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony [Bulletin of the Institute of Agriculture of the Steppe zone]*. 4: 143–146. (In Ukr.).

Authors

Vorobel Mariia Ihorivna — Candidate of Agricultural Sciences, Researcher, Laboratory of Ecology, Institute of Agriculture of Carpathian Region of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (Ukraine, 81115, Obroshyne, 5 Grushevskogo St., Pustomyivskiyi district, Lviv reg.; e-mail: vorobelmariia@gmail.com).

Moroz Vira Vasylivna — Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Ecology, Institute of Agriculture of Carpathian Region of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (Ukraine, 81115, Obroshyne, 5 Grushevskogo St., Pustomyivskiyi district, Lviv reg.; e-mail: veramoroz0@gmail.com).

Pinchuk Valeriy Oleksandrovykh — Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Laboratories monitoring of agrobioreources, Institute of Agroecology and Nature Management of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (Ukraine, 03143, Kyiv, 12 Metrologichna St.; e-mail : pinchuk_vo@ukr.net).

НОВИНИ

НОВИНИ

НОВИНИ • НОВИНИ • НОВИНИ

Вчені Лідського університету встановили, що гриби можуть стати екологічною заміною добрив для зернових культур. У рамках досліджень експерти провели досліді зі зниження обсягів внесення добрив. Вони вирішили зупинитися на спорах грибів, які ввели в корені пшениці та інших зернових культур.

У результаті вдалося покращити засвоєння культурами таких поживних елементів, як азот і фосфор. При подальшому дослідженні фахівці встановили, що ці речовини поставляли самі гриби під час росту рівня вуглекислого газу. Вони припустили, що це пов'язано з партнерством грибів і рослин, при якому останні отримують від перших велику кількість додаткових поживних речовин із ґрунту. Відкриття, на думку авторів, може стати основою для нових систем землеробства, а саме — допоможе фермерам менше залежати від використання добрив.